

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-098367

(43)Date of publication of application : 11.04.1995

(51)Int.Cl.

G01R 31/36  
H01M 10/48

(21)Application number : 05-241724

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 28.09.1993

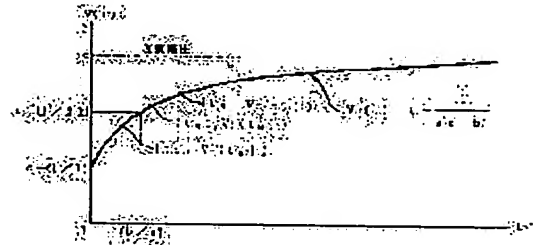
(72)Inventor : KINOSHITA NAOKI  
HARUMATSU MASATOSHI

## (54) RESIDUAL CAPACITY ESTIMATING METHOD FOR BATTERY

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately estimate the residual capacity of a battery in a short time after the completion of an electric charge and discharge.

CONSTITUTION: The open-circuit voltage  $V(t)$  of a battery at the prescribed time after the completion of an electric charge is approximated with the function  $V(t) = (c) - (T + at + b) - 1$ . The characteristic function  $F(t) = t \times dV(t)/dt$  is set, open-circuit voltages  $V(t)$  at a plurality of times  $(t)$  are measured, and the time  $t_{MAX} = b/a$  when the characteristic function  $F(t)$  becomes the maximum value is obtained. The convergent voltage  $(c)$  of the battery is obtained as  $c = 2V(t_{MAX}) - V(0)$  from the open-circuit voltage  $V(0)$  at the reference time  $t=0$  and the open-circuit voltage  $V(t_{MAX})$  at the time  $t_{MAX}$ . When the convergent voltage  $(c)$  is obtained, the residual capacity of the battery is estimated from the relationship between the convergent voltage and the residual capacity obtained experimentally.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-98367

(43) 公開日 平成7年(1995)4月11日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 31/36	A			
H 0 1 M 10/48	P			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-241724

(22) 出願日 平成5年(1993)9月28日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 木下 直樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 春松 正敏

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

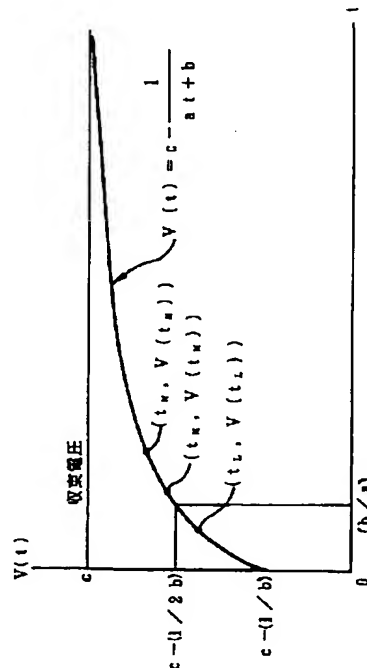
(74) 代理人 弁理士 落合 健 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電池の残容量推定方法

(57) 【要約】

【目的】 充放電終了後の電池の残容量を短時間で正確に推定する。

【構成】 充電終了後の所定時刻  $t$  における電池の開路電圧  $V(t)$  を、関数  $V(t) = c - (at + b)^{-1}$  により近似する。特性関数  $F(t) = t \times dV(t) / dt$  を設定し、複数の時刻  $t$  における開路電圧  $V(t)$  を測定することにより、前記特性関数  $F(t)$  が最大値を取る時刻  $t_{MAX} = b/a$  を求める。電池の収束電圧  $c$  は、基準時刻  $t = 0$  における開路電圧  $V(0)$  と前記時刻  $t_{MAX}$  における開路電圧  $V(t_{MAX})$  とから、 $c = 2V(t_{MAX}) - V(0)$  により求められる。収束電圧  $c$  が求められると、実験的に得られた収束電圧と残容量との関係から、電池の残容量が推定される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電池の充放電終了後の複数の時刻における電圧を測定し、それら複数の時刻と電圧との関係に基づいて電池の残容量を推定する、電池の残容量推定方法。

【請求項 2】 電池の充放電終了後の複数の時刻における電圧を測定し、それら複数の時刻と電圧との関係及び電池の温度に基づいて電池の残容量を推定する、電池の残容量推定方法。

【請求項 3】 前記複数の時刻と電圧との関係から電池の収束電圧を推定し、この収束電圧に基づいて電池の残容量を推定する、請求項 1 記載の電池の残容量推定方法。

【請求項 4】 前記複数の時刻と電圧との関係から電池の収束電圧を推定し、この収束電圧と電池の温度とに基づいて電池の残容量を推定する、請求項 2 記載の電池の残容量推定方法。

【請求項 5】 時刻  $t$  と電圧  $V(t)$  との関係①式により近似し、少なくとも 3 つの時刻  $t_L$ ,  $t_M$ ,  $t_N$  とそれに対応する 3 つの電圧  $V(t_L)$ ,  $V(t_M)$ ,  $V(t_N)$  とを前記①式に代入して前記収束電圧  $c$  を推定する、請求項 3 又は 4 記載の電池の残容量推定方法。

$$V(t) = c \pm (a t + b)^{-1} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$a$ ; 定数

$b$ ; 定数

$c$ ; 収束電圧

【請求項 6】 ②式で表される特性関数  $F(t)$  を設定し、複数の時刻  $t_1 \cdots$  とそれに対応する電圧  $V(t_1) \cdots$  とに基づいて前記特性関数  $F(t)$  が最大値をとる時刻  $t_{MAX}$  を求め、その時刻  $t_{MAX}$  における電圧  $V(t_{MAX})$  と基準時刻  $t_0$  における電圧初期値  $V(t_0)$  とを③式に代入して前記収束電圧  $c$  を推定する、請求項 3 又は 4 記載の電池の残容量推定方法。

$$F(t) = t \times dV(t) / dt \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$c = 2V(t_{MAX}) - V(t_0) \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電気自動車等において使用される電池の残容量を推定するための方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 電池の放電終了後の開路電圧は緩やかに上昇して所定時間が経過すると一定値に収束し、また充電終了後の開路電圧は緩やかに下降して所定時間が経過すると一定値に収束する。前記電池の収束電圧は電池の残容量と一定の関係を持つことが知られており、従って前記収束電圧を測定することにより電池の残容量を推定することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、電池の

開路電圧が一定値に収束するまでの時間は放電条件、充電条件、温度条件、電池の残容量等によって変化し、場合によっては非常に長い時間が必要となるため、この方法では電池の残容量を速やかに推定できない問題がある。

【0004】 本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、電池の充放電終了後に速やかに残容量を推定することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、請求項 1 に記載された発明は、電池の充放電終了後の複数の時刻における電圧を測定し、それら複数の時刻と電圧との関係に基づいて電池の残容量を推定することを特徴とする。

【0006】 また請求項 2 に記載された発明は、電池の充放電終了後の複数の時刻における電圧を測定し、それら複数の時刻と電圧との関係及び電池の温度に基づいて電池の残容量を推定することを特徴とする。

【0007】 また請求項 3 に記載された発明は、請求項 1 の構成に加えて、前記複数の時刻と電圧との関係から電池の収束電圧を推定し、この収束電圧に基づいて電池の残容量を推定することを特徴とする。

【0008】 また請求項 4 に記載された発明は、請求項 2 の構成に加えて、前記複数の時刻と電圧との関係から電池の収束電圧を推定し、この収束電圧と電池の温度とに基づいて電池の残容量を推定することを特徴とする。

【0009】 また請求項 5 に記載された発明は、請求項 3 又は 4 の構成に加えて、時刻  $t$  と電圧  $V(t)$  との関係を①式により近似し、少なくとも 3 つの時刻  $t_L$ ,  $t_M$ ,  $t_N$  とそれに対応する 3 つの電圧  $V(t_L)$ ,  $V(t_M)$ ,  $V(t_N)$  とを前記①式に代入して前記収束電圧  $c$  を推定することを特徴とする。

## 【0010】

$$V(t) = c \pm (a t + b)^{-1} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$a$ ; 定数

$b$ ; 定数

$c$ ; 収束電圧

また請求項 6 に記載された発明は、請求項 3 又は 4 の構成に加えて、②式で表される特性関数  $F(t)$  を設定し、複数の時刻  $t_1 \cdots$  とそれに対応する電圧  $V(t_1) \cdots$  とに基づいて前記特性関数  $F(t)$  が最大値をとる時刻  $t_{MAX}$  を求め、その時刻  $t_{MAX}$  における電圧  $V(t_{MAX})$  と基準時刻  $t_0$  における電圧初期値  $V(t_0)$  とを③式に代入して前記収束電圧  $c$  を推定することを特徴とする。

## 【0011】

$$F(t) = t \times dV(t) / dt \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$c = 2V(t_{MAX}) - V(t_0) \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

## 【0012】

【実施例】 以下、図面により本発明の第 1 実施例につい

て説明する。

【0013】図1は電池の端子電圧の時間特性を示すものである。電池の端子電圧は放電に伴って次第に下降し、放電終了と同時に上昇を開始する。放電終了後の端子電圧（開路電圧 $V(t)$ ）は最初は急激に上昇するが、やがて上昇率が次第に減少して所定の収束電圧 $c$ に向けて収束する。

【0014】前記放電終了後における開路電圧 $V(t)$ の時間特性は、次の関数によって近似可能であることが実験的に検証されている。

【0015】

【数1】

$$V(t) = c - (a t + b)^{-1} \quad \dots (1)$$

ここで、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ は定数であり、 $t$ は時刻（即ち、放電終了時刻である基準時刻 $t_0 = 0$ からの経過時間）である。

【0016】前記定数 $c$ は電池の収束電圧に対応している。即ち、図2に示すように、基準時刻 $t_0 = 0$ における開路電圧は、(1)式に $t = 0$ を代入して、

【0017】

【数2】

$$V(0) = c - (1/b) \quad \dots (2)$$

で表され、また充分な時間が経過した後の開路電圧である収束電圧は、(1)式に $t = \infty$ を代入して、

【0018】

【数3】

$$V(\infty) = c \quad \dots (3)$$

で表される。

【0019】従って、互いに異なる3つの時刻 $t_L$ 、 $t_M$ 、 $t_N$ における開路電圧 $V(t_L)$ 、 $V(t_M)$ 、 $V(t_N)$ を測定して(1)式に代入することにより、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ を未知数とする連立方程式が得られる。

【0020】

【数4】

$$V(t_L) = c - (a t_L + b)^{-1} \quad \dots (4)$$

$$V(t_M) = c - (a t_M + b)^{-1} \quad \dots (5)$$

$$V(t_N) = c - (a t_N + b)^{-1} \quad \dots (6)$$

これらの連立方程式から $a$ 及び $b$ を消去して $c$ を求めれば、その値が電池の充電終了後に充分な時間が経過したときの収束電圧 $c$ となる。

【0021】尚、前記基準時刻 $t_0 = 0$ は必ずしも充電終了時に一致させる必要はなく、充電終了から所定時間経過後を基準時刻 $t_0 = 0$ としても良い。また、前記開路電圧 $V(t_L)$ 、 $V(t_M)$ 、 $V(t_N)$ は、精度向上のために複数回の測定結果の平均値を使用する等のフィルタリング処理を施すことが望ましい。

【0022】上述のようにして収束電圧 $c$ が求まると、図3に示す収束電圧と残容量との関係から電池の残容量を推定することができる。この電池の残容量特性は実験

$$dF(t)/dt = a / (a t + b)^2 - 2 a^2 t / (a t + b)^3$$

的に求められるもので、収束電圧の増加に伴って残容量が増加するようになっており、例えば収束電圧が1.314Vであれば残容量は43%となる。

【0023】図3は電池温度が30℃の場合の特性であるが、その温度が30℃と異なる場合には図4に基づいて残容量を補正することができる。即ち、例えば電池温度が0℃のときに収束電圧1.321Vが求められたとすると、その収束電圧1.321Vは電池温度が30℃のときの収束電圧1.314Vに相当するため、この収束電圧1.314Vを電池温度が30℃の場合の特性である図3に適用して残容量43%を得ることができる。

【0024】電池温度を考慮した残容量は図5を用いて推定することも可能である。図5は種々の電池温度に対応する残容量特性を示すもので、例えば電池温度が0℃のときに収束電圧1.300Vであれば、残容量は28%であることが直接読み取られる。

【0025】尚、前記電池温度は電池自体の温度に限定されず、電池が置かれている場所の気温等からの推定値であっても良い。

【0026】ところで、上記第1実施例において3つの時刻 $t_L$ 、 $t_M$ 、 $t_N$ の選択が不適切である場合、即ち3つの時刻 $t_L$ 、 $t_M$ 、 $t_N$ が基準時刻 $t_0$ に接近し過ぎたり、あるいは3つの時刻 $t_L$ 、 $t_M$ 、 $t_N$ の間隔が小さ過ぎた場合、収束電圧の推定精度が低下する可能性がある。そこで、以下の第2実施例において、基準時刻 $t_0$ から短い時間内に収束電圧をより精度良く推定得る手法が提案される。

【0027】この第2実施例では、特性関数 $F(t)$ が次のように定義される。

【0028】

【数5】

$$F(t) = t \times dV(t) / dt \quad \dots (7)$$

$V(t)$ の導関数である $dV(t)/dt$ の値は $t = b/a$ において0になり、図6に示すように、そのとき特性関数 $F(t)$ は最大値を取る。

【0029】これは、以下のようにして証明される。

【0030】即ち、 $V(t) = c - (a t + b)^{-1}$ を微分すると(8)式が得られ、

【0031】

【数6】

$$dV(t)/dt = a / (a t + b)^2 \quad \dots (8)$$

この(8)式を(7)式に代入すると、(9)式が得られる。

【0032】

【数7】

$$F(t) = a t / (a t + b)^2 \quad \dots (9)$$

(9)式を微分すると(10)式が得られる。

【0033】

【数8】

$$= -a(a t - b) / (a t + b)^3 \quad \dots (10)$$

(10) 式に基く表1から明かなように、 $dF(t)/dt$  は  $t = b/a$  において0になり、そのとき特性関数  $F(t)$  は最大値を取る。

【0034】

【表1】

t	0	b/a	$\infty$
$\dot{F}(t)$	+	0	-
$F(t)$	$\nearrow$	$c - (1/2b)$	$\searrow$

$t = b/a$  を前記(1)式に代入すると、

【0035】

【数9】

$$V(b/a) = c - (2b)^{-1} \quad \dots (11)$$

が得られ、この(11)式と前記(2)式とから  $b$  を消去すると、

【0036】

【数10】

$$\frac{1}{2} \times \left( \frac{V(t_1) - V(t_{i-1})}{t_1 - t_{i-1}} + \frac{V(t_{i+1}) - V(t_i)}{t_{i+1} - t_i} \right) \quad \dots (13)$$

を演算すれば、その値は(7)式における開路電圧  $V(t)$  の導関数  $dV(t)/dt$  に対応する。従って、

【0041】

【数12】

$$S_i = t_i \times \frac{1}{2} \times \left( \frac{V(t_i) - V(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}} + \frac{V(t_{i+1}) - V(t_i)}{t_{i+1} - t_i} \right)$$

$\dots (14)$

は(7)式に示した特性関数  $F(t)$  に対応する。

【0042】そこで、(14)式の  $S_i$  の値を  $i$  をインクリメントしながら順次計算し、図8に示すように、

【0043】

【数13】

$$S_{i-1} < S_i > S_{i+1} \quad \dots (15)$$

が成立する  $S_i$  の値を最大値  $S_{MAX}$  と見なし、そのときの  $t$  の値を  $t_{MAX} (= b/a)$  とする。

【0044】上述のようにして  $t_{MAX}$  が求められると、開路電圧  $V(t)$  の初期値  $V(0)$  と前記  $t_{MAX}$  に対応する  $V(t_{MAX})$  とを(12)式に代入することにより、収束電圧  $c$  が求められる(図6参照)。而して、収束電圧  $c$  が求められると、第1実施例と同様の手法により、図3～図5を用いて電池の残容量を推定することができる。

【0045】この第2実施例によれば、第1実施例に比べて一層高精度に電池の残容量を推定することができ、しかも前記時刻  $t_{MAX}$  まで開路電圧  $V(t)$  の測定を行えば良いために極めて短時間で電池の残容量を推定する

$$c = 2V(b/a) - V(0) \quad \dots (12)$$

が得られる。

【0037】従って、特性関数  $F(t)$  が最大値を取る  $t$  の値、即ち  $t_{MAX} (= b/a)$  を求めることができれば、前記(12)式から収束電圧  $c$  を算出することができ、この収束電圧  $c$  から前述した第1実施例と同様に電池の残容量を推定することができる。

【0038】特性関数  $F(t)$  が最大値を取る  $t_{MAX}$  の値は、具体的には以下のようにして求められる。

【0039】図7に示すように、電池の放電終了後の所定時間間隔の時刻  $t_{i-1}$ ,  $t_i$ ,  $t_{i+1}$  における開路電圧  $V(t_{i-1})$ ,  $V(t_i)$ ,  $V(t_{i+1})$  を測定する。このとき、開路電圧  $V(t_{i-1})$ ,  $V(t_i)$ ,  $V(t_{i+1})$  として、複数の測定結果の平均値が用いられる。前記  $t_{i-1}$ ,  $t_i$ ,  $t_{i+1}$  及び  $V(t_{i-1})$ ,  $V(t_i)$ ,  $V(t_{i+1})$  に基づいて、

【0040】

【数11】

ことができる。

【0046】例えば、第2実施例の手法を  $Ni-MH$  電池に適用し、放電電流 25A、外気温 0℃、残容量 50% の状態で測定を行ったところ、放電終了から 217 秒後に  $S_i$  は最大値  $S_{MAX}$  を取り、収束電圧  $c = 1.324$  V が得られた。この値は、放電終了から 6000 秒後に実測された収束電圧  $c = 1.322$  V に対して僅かに 0.002 V の誤差であることが検証された。

【0047】以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は前記実施例に限定されるものでなく、種々の設計変更を行うことができる。

【0048】例えば、実施例では電池の放電終了後の残容量を求めているが、電池の充電終了後の残容量を同様にして求めることができる。この場合、充電終了後における開路電圧  $V(t)$  の時間特性は、次の関数によって近似可能であることが実験的に検証されている(図9参照)。

【0049】

【数14】

$V(t) = c + (a + b)^{-1}$  ... (16)  
 ここで、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ は定数であり、 $t$ は時刻（即ち、充電終了時刻あるいは充電終了から所定時間が経過した基準時刻  $t_0 = 0$  からの経過時間）である。従って、電池の充電終了後にも、第1実施例による手法（（4）式～（6）式参照）又は第2実施例による手法（（12）式参照）により収束電圧  $c$  を求めて電池の残容量を推定することができる。

【0050】また、明細書中における「充放電後」の用語は、微小電流による充電中及び微小電流による放電中を含むものとする。

【0051】

【発明の効果】以上のように請求項1又は3に記載された発明によれば、充放電終了後の電池の電圧が一定値に収束する以前に、電池の残容量を推定することができる。

【0052】また請求項2又は4に記載された発明によれば、請求項1又は3の効果に加えて、電池の温度を考慮した一層精密な残容量の推定が可能となる。

【0053】また請求項5に記載された発明によれば、電池の電圧特性で数式により近似しているので、少なくとも3つの時刻とそれに対応する電圧とを測定するだけで電池の残容量を推定することができる。

【0054】また請求項6に記載された発明によれば、

10

複数の時刻とそれに対応する電圧を測定して特性関数が最大値を取る時刻を求め、その時刻の電圧と基準時刻の電圧とにより残容量を推定しているの、特性関数が最大値を取る時刻までの極めて短時間で電池の残容量を高い精度で推定することができる。更に、請求項6に記載された発明は①式を前提とするものであるが、それを実施する際には①式を考慮する必要もなく、また①式を知らなくとも残容量の推定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】放電後の電池の開路電圧特性を示すグラフ

【図2】放電後の電池の開路電圧特性の近似式を示す図

【図3】電池の残容量と収束電圧との関係を示すグラフ

【図4】電池の温度と収束電圧との関係を示す

【図5】電池の残容量と収束電圧との関係を示すグラフ

【図6】電池の開路電圧と特性関数との関係を示す図

【図7】電池の開路電圧測定の説明図

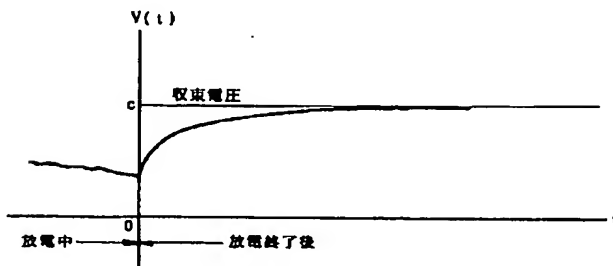
【図8】電池の特性関数の最大値算出の説明図

【図9】充電後の電池の開路電圧特性を示すグラフ

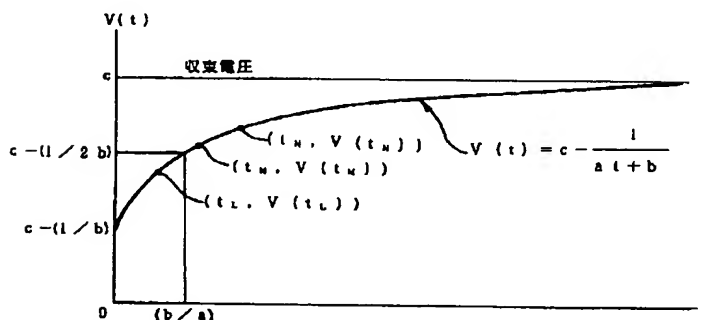
【符号の説明】

B	電池
$F(t)$	特性関数
$V(t)$	開路電圧（電圧）
$c$	収束電圧
$t$	時刻

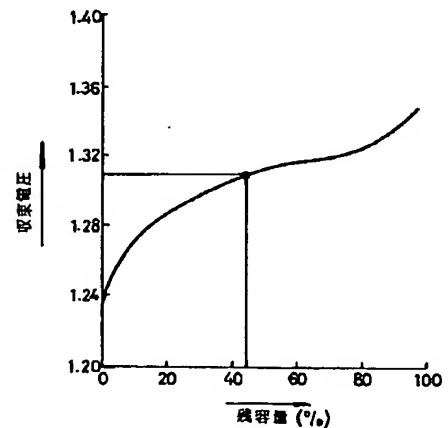
【図1】



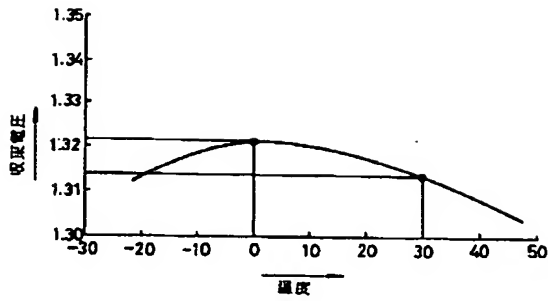
【図2】



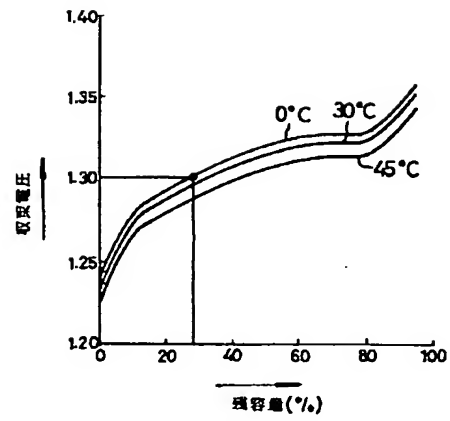
【図3】



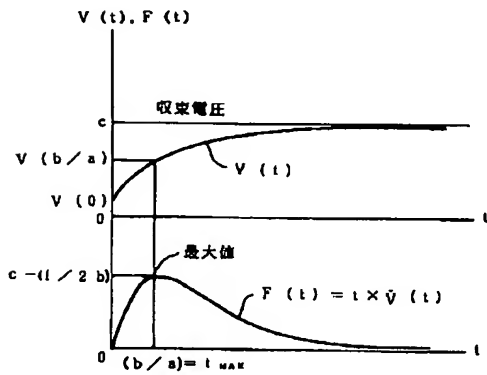
【図4】



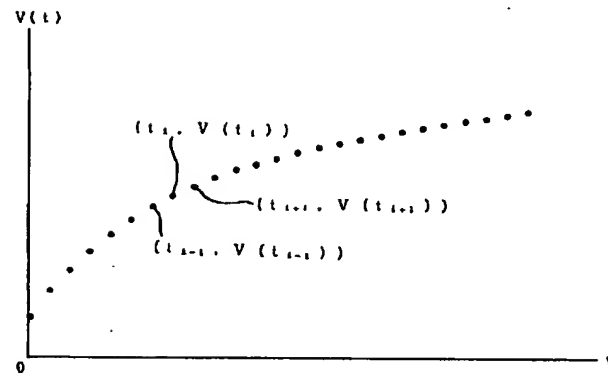
【図5】



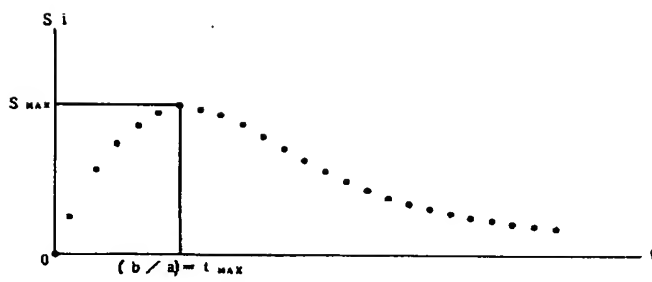
【図6】



【図7】



【図8】





【図 9】

